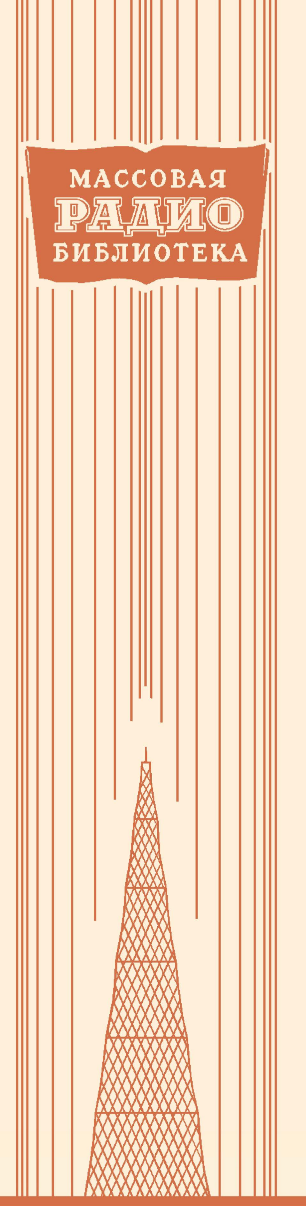


П. О. ЧЕЧИК

НОВЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ РАДИОАППАРАТУРЫ



ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

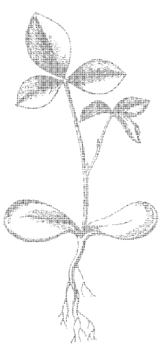
МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 333

П. О. ЧЕЧИК

НОВЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ РАДИОАППАРАТУРЫ

Издание второе, переработанное







ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1959 ЛЕНИНГРАД

В брошюре кратко описаны устройство, принцип действия и некоторые характеристики разработанных в последнее время в различных странах новых источников электрической энергии и преобразователей тока, в том числе аккумуляторы, атомные элементы и батареи, солнечные батареи, термоэлектрогенераторы, электреты и другие, а также приведены примеры применения их для питания переносной и передвижной радиоаппаратуры.

Брошюра рассчитана на подготовленного радиолюбителя.

СОДЕРЖАНИЕ

Чечик Петр Оскарович

НОВЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ РАДИОАППАРАТУРЫ

Редактор *В. Ю. Рогинский* Техн. редактор *Г. И. Матвеев*

Сдано в пр-во 3/II 1959 г. Подписано к печати 1/IV 1959 г.
Бумага 84×108¹/₃₂. 2,46 п. л. Уч.-изд. л. 2,9
Т-03954 Тираж 45 000 экз. Цена 1 руб. 15 коп. Зак. 77

Набрано в типографии Госэнергоиздата Москва, Шлюзовая наб., 10.
Отпечатано в тип. Изд-ва МСХ РСФСР, Москва, Садово-Самотечная, 1. Зак 830.

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, любая радиотехническая аппаратура, в том числе усилители различного назначения, генераторы разных типов, приемники и передатчики, а также некоторые другие разновидности радиотехнических устройств, представляют собой преобразователи электрической энергии. Например, в усилителях низкой частоты электрическая энергия источников постоянного тока преобразовывается в энергию выходного сигнала, параметры которого изменяются в соответствии с изменениями характера усиливаемого сигнала. При этом источники электрического питания являются неотъемлемой частью всего устройства, и, следовательно, надежность и качество работы источников питания определяют условия работы всего устройства в целом. Этим и объясняется то большое внимание, которое уделяется все время разработке и созданию высококачественных источников электрического питания радиоустройств. Вес, размеры и стоимость источников питания часто определяют соответствующие показатели всего устройства, причем стоимость источников питания составляет существенную часть стоимости всего устройства.

Проблема создания экономичных, надежных и простых в эксплуатации источников электрической энергии для питания радиоаппаратуры, особенно переносной и передвижной, имеет особо важное значение и с особой остротой возникла вновь в связи с появлением полупроводниковых приборов и их применением в разнообразных переносных радиотехнических устройствах. При этом выявились специфические особенности полупроводниковых приборов, позволяющие по-новому решать ряд вопросов электрического питания и применения новых видов источников питания. Возникли также новые требования в отношении режима работы источников питания и в некоторых радиотехнических устройствах на электронных лампах. В частности, это относится к устройствам, для

нормальной работы которых требуется относительно высокое напряжение при малых потребляемых токах. К подобным устройствам относятся, в частности, газоразрядные счетчики импульсов в устройствах индикации радиоактивного излучения, фотоэлектрические вспышки с импульсными газоразрядными лампами, некоторые типы осциллографов и радиолокационных индикаторов. В подобных устройствах требуются напряжения 500—15 000 *в* при потребляемых токах от единиц миллиампер до нескольких микроампер. Очевидно, что в таких устройствах нецелесообразно использовать широко распространенные выпрямительные устройства обычного типа, поскольку их к. п. д. окажется низким, а размеры и вес будут весьма большими относительно общих размеров и веса всего устройства.

В применении к устройствам на полупроводниковых приборах к источникам электрического питания предъявляются свои особые требования. Известно, что полупроводниковые приборы работают при относительно низких напряжениях и относительно больших потребляемых токах. Кроме того, относительно малые размеры и вес полупроводниковых приборов диктуют необходимость использования малогабаритных источников питания. Это тем более необходимо, что для конструирования радиотехнической аппаратуры на полупроводниковых приборах созданы малогабаритные конденсаторы, трансформаторы и другие необходимые детали и узлы приборов. В сочетании с новой технологией монтажа схем, в том числе так называемых печатных схем, появились возможности построения малогабаритных радиоустройств, начиная от звуковоспроизводящих аппаратов для тугоухих и карманных индикаторов радиоактивного излучения до компактных фотовспышек и приемно-передающих устройств различного назначения.

Для устройств с полупроводниковыми приборами в первую очередь разработаны маломощные малогабаритные аккумуляторы герметизированного типа, которые могут работать и в горизонтальном и вертикальном положениях и которые можно вмонтировать в схему так же, как сопротивление или конденсатор.

Появились также новые виды преобразователей энергии солнечных лучей в электрическую энергию, получившие название солнечных батарей. В серийном производстве отечественной промышленности появились термоэлек-

трические полупроводниковые генераторы, представляющие большой интерес для их применения в районах, не обеспеченных электроэнергией, а также в условиях экспедиций и аварийных служб. Особый интерес вызывают в настоящее время источники питания, получившие название преобразователей постоянного тока, позволяющие получать высокие напряжения постоянного тока за счет преобразования энергии низковольтных батарей и аккумуляторов.

Для некоторых схем интересны разработки так называемых электретов на основе материалов, обладающих постоянной электризацией и способных длительное время создавать постоянное электрическое поле аналогично тому, как создаётся поле постоянного магнита. Не менее интересны работы по созданию электрических элементов и батарей, способных в течение весьма длительного срока служить источником высокого и низкого напряжений под действием радиоактивного распада веществ.

Особый интерес и значение имеют работы по изысканию эффективных методов преобразования тепловой энергии или энергии топлива (нефти, угля, природного газа) в электрическую, так как существующие в настоящее время методы преобразования построены с использованием ряда промежуточных преобразований энергии и в результате общий коэффициент преобразования получается низким. Задачей разработок методов непосредственного преобразования энергии является увеличение общего запаса энергии на Земном шаре и улучшение методов использования имеющихся запасов.

Ниже, в брошюре, рассчитанной на подготовленного радиолюбителя, кратко описаны некоторые современные разработки новых источников питания.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА

К электрохимическим источникам тока относятся первичные элементы и аккумуляторы, которые среди различных источников постоянного тока, применяемых для питания радиоаппаратуры, занимают видное место. Аккумуляторы являются надежно действующими приборами с большим сроком службы. В условиях нормальной эксплуатации аккумуляторы нередко служат 15 — 20 лет. Коэффициент полезного действия аккумуляторных установок достаточно высок, а равным образом велик и коэффициент отдачи отдельных аккумуляторов. Электрохими-

ческие элементы, несмотря на ограниченность срока их службы и годности, также оправдывают себя во многих случаях, особенно в условиях работы переносных устройств с небольшим потреблением электрической энергии.

Аккумуляторы и элементы являются гальваническими системами, действие которых основано на окислительно-восстановительных реакциях, происходящих при химических процессах. В простейшем случае процесс окисления сводится к отдаче электронов атомом, молекулой или ионом. В том случае, когда атом отдает свои свободные электроны, он становится положительно заряженным ионом. Если отрицательно заряженный ион в процессе окисления утрачивает часть своих электронов, то он может стать либо нейтральным атомом, либо положительно заряженным ионом. Одновременно с процессом потери электронов происходит изменение заряда указанных элементарных частиц. Если положительно заряженный ион теряет электроны, то его положительный заряд увеличивается на величину заряда потерянных электронов. Восстановление представляет собой процесс присоединения электронов атомом, молекулой или ионом. Одновременно с этим соответственно изменяется заряд вещества, подвергающегося восстановлению.

В химических процессах окислитель обычно восстанавливается, а восстановитель окисляется. Поэтому химические процессы часто называют окислительно-восстановительными. Некоторые из химических процессов могут быть обратимыми, а некоторые необратимыми.

Окислительно-восстановительный процесс в элементах и аккумуляторах протекает по-разному. В электрохимическом элементе ток возникает в результате химической окислительно-восстановительной реакции. В аккумуляторах же происходит процесс электролиза, при котором сам электрический ток вызывает окислительно-восстановительную реакцию. При этом в элементе на аноде (положительном электроде) происходит процесс восстановления, а на катоде (отрицательном электроде) — окисление. При электролизе процесс идет в обратном порядке: на положительном электроде окисление, а на отрицательном восстановление.

Для возможности оценки направлений работ по созданию новых элементов и аккумуляторов остановимся кратко на описании их действия.

Действие электрохимических элементов

Возникновение тока в замкнутой внешней цепи электрохимического элемента непосредственно связано с различной концентрацией свободных электронов в веществе электродов и стремлением к ее выравниванию при контакте, как это следует из описания процесса потери и воссоединения атома с электронами. Очевидно, чем значительнее разница концентраций свободных электронов, тем интенсивнее передача их от одного вещества к другому, т. е. тем бóльшая разность потенциалов может быть создана между такой парой электродов.

Сравнительная активность веществ в процессе передачи свободных электронов позволяет расположить их в так называемый ряд напряжений: калий, кальций, магний, цинк, железо, олово, водород, медь, серебро, золото. Химический процесс в электрохимических элементах, связанный с переходом свободных электронов от одного вещества к другому, сводится к вытеснению одного металла другим. В ряду металлов—цинк, железо, медь, серебро—каждый предыдущий вытесняет последующий из его солей, тогда как обратное вытеснение не наблюдается, т. е. происходит необратимый химический процесс. Этим можно объяснить, что в элементах с цинковыми электродами происходит постепенное расходование цинка и элемент перестает действовать, как только весь цинк израсходуется. Если почему-либо элемент не используется, то для сохранения цинка следует устранить возможность химической реакции.

Процесс растворения цинка в электролите сопровождается выделением водорода в виде пузырьков, направляющихся к положительному электроду. Скапливаясь на нем, мелкие пузырьки водорода постепенно обволакивают весь положительный электрод, создавая при этом совместно с электролитом новую гальваническую пару, обусловливающую появление новой э. д. с., направленной против э. д. с. первичного элемента. Такой процесс известен под названием поляризации. При длительной поляризации электрохимического элемента его э. д. с. резко падает и может дойти почти до нуля. Для борьбы с вредным явлением поляризации во всех элементах применяются разные виды деполяризаторов.

Широко распространенные электрохимические элементы и батареи имеют угольно-цинковые электроды с марганцево-воздушной деполяризацией. Основное на-

правление новейших разработок сводится к замене дорогостоящего цинка, подбору наилучшего деполяризатора, улучшению эксплуатационных свойств элементов, разработке методов восстановления частично отработанных или утративших свое действие элементов. Проводится также большая работа по улучшению конструктивных особенностей элементов и батарей. Примером такого конструктивного улучшения имевшихся ранее элементов и батарей могут служить галетные и стаканчиковые конструкции батарей типов ФБС, ГБ, АСМЦГ и НВМЦ. К новым типам электрохимических элементов, не нашедших еще широкого распространения, могут быть отнесены элементы типов ВДЛ, ВДЦ и ВДЖ, описываемые ниже. Эти элементы изготавливаются опытными сериями отечественной промышленностью.

Мощные элементы типов ВДЛ и ВДЦ

Элементы типа ВДЛ являются дальнейшим усовершенствованием элементов с воздушной деполяризацией по линии увеличения их емкости и улучшения эксплуатационных свойств.

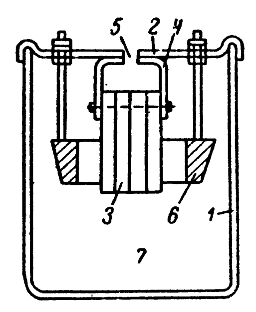


Рис. 1. Схематическое устройство элемента ВДЛ

1 — стальной сосуд; *2* — крышка; *3* — положительный электрод; *4* — обойма; *5* — отверстие; *6* — цинковый электрод; *7* — пространство для электролита.

В настоящее время самой совершенной системой элементов для стационарных условий эксплуатации являются щелочные элементы с воздушной деполяризацией (типа ВД). Действие таких элементов основано на использовании электрохимической системы: цинк — раствор едкого кали — активированный пористый уголь, адсорбирующий кислород из воздуха. Выбором соответствующей конструкции и рецептуры элемента удается увеличить его полезную емкость. Существенным достоинством таких элементов является малое изменение напряжения на нагрузке по мере разряда элемента. Подобные усовершенствованные элементы получили названия ВДЛ и ВДЦ.

Схематическое устройство элемента ВДЛ показано на рис. 1. К стальному сварному сосуду *1*, плотно закрывающемуся крышкой *2*, прикреплен комплект электродов.

Положительный электрод *3* имеет форму брикета, состоящего из нескольких сложенных вместе электродных пластин. Последние изготовляются напрессовкой на стальную решетку активной массы из смеси порошков активированного угля и связывающего вещества.

Верхняя часть положительного электрода с помощью пропущенных через нее стяжных шпилек плотно укреплена в коробчатой обойме *4*, приваренной к крышке элемента. Внутри обоймы над верхней поверхностью электрода имеется свободное пространство, которое с помощью отверстия *5* сообщается с окружающим пространством. Положительный электрод окружен литым цинковым электродом *6* в форме кольца.

Едкий кали, необходимый для приготовления электролита, помещается в пространстве *7* при изготовлении элемента. Благодаря герметичности элемента не происходит заметного ухудшения свойств (карбонизации) едкого кали, и он может храниться неограниченное время. Чтобы привести элемент в действие, надо снять крышку и налить воду для растворения кали.

После полного разряда угольный электрод сохраняет свою работоспособность, и элемент может быть восстановлен путем смены цинка и электролита. Такое восстановление элемента можно производить дважды. Данные опытных элементов с описанным устройством приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные данные	Тип элемента		
	ВДЛ-К-2	ВДЛ-3-Г	ВДЦ-500
Электродвижущая сила, *в*	1,4	1,4	1,4
Напряжение при нормальном режиме разряда, *в*	1,2—1,25	1,2—1,25	1,2—1,25
Напряжение в конце разряда, *в*	0,9	0,9	0,9
Номинальная емкость, *ач*	800	500	500
Нормальный ток разряда, *а*	0,5	0,5	5
Вес с электролитом, *кг*	7	6,6	7,5
Наружные размеры, *мм*	160×225	220×110×160	222×122×120

Железо-угольные элементы

Стремление устранить расходование остродефицитных и дорогостоящего цинка привело к разработке железо-угольных щелочных элементов для обеспечения бесперебойного электрического питания радиоустройств в труднодоступных для обслуживания местностях. Замена цинка железом привела к снижению э. д. с. элемента, как это следует из приведенного выше описания действия электрохимических элементов.

Одним из типов железо-угольных элементов, данные которого опубликованы в литературе, является элемент типа ВДЖ-400. В нем осуществляется реакция железа с кислородом воздуха. Элемент собран в стальном сосуде диаметром 221 и высотой 75 *мм;* общий вес элемента 5 *кг.* Начальное напряжение элемента ВДЖ-400 равно 0,75 *в,* конечное напряжение при нормальном разряде 0,45 *в,* емкость элемента 400 *ач.* Эксплуатационные качества элементов не ухудшаются после длительного хранения; они нормально работают при температуре выше 0° С.

Действие аккумуляторов

Аккумуляторы служат для накапливания электрической энергии при заряде и расходовании запасенной энергии при разряде. В основе действия аккумуляторов лежит описанная выше окислительно-восстановительная реакция, происходящая при электролизе.

Простейший аккумулятор состоит из двух электродов и электролита между ними. Действие такого аккумулятора, подобное электрохимическому элементу, основано на обмене свободными электронами между материалами обоих электродов при активном участии электролита. При этом для упрощения описания процессов в аккумуляторе можно не останавливаться на отличии протекания окислительно-восстановительных реакций в них и элементах. Очевидно, что аккумуляторы естественно классифицировать по материалу электродов или по составу электролита.

По составу электролита принято различать кислотные и щелочные аккумуляторы. По материалам электродов различают свинцовые, кадмиево-никелевые, железо-никелевые, серебряно-цинковые, золото-цинковые и газовые аккумуляторы.

В переносной радиоаппаратуре предпочтение обычно отдается щелочным аккумуляторам, так как они намного прочнее кислотных и обладают значительно бо́льшим сроком службы, нежели последние. К достоинствам щелочных кадмиево-никелевых аккумуляторов относятся большая механическая прочность, высокая стабильность, относительно малый удельный вес и низкие требования к уходу за ними. Одним из преимуществ кадмиево-никелевых аккумуляторов перед другими аккумуляторами является возможность их зарядки малым током. Они обладают также незначительным саморазрядом.

Серебряно-цинковые и золото-цинковые аккумуляторы, нашедшие применение за последние годы, также обладают рядом преимуществ перед другими типами аккумуляторов. Однако применение этих аккумуляторов в массовой радиоаппаратуре ограничивается их высокой стоимостью.

Основное направление разработок новых типов аккумуляторов сводится к замене дефицитных цветных металлов и улучшению эксплуатационных свойств, понимая под этим уменьшение удельного веса, повышение коэффициента отдачи, увеличение герметичности и срока службы, а также улучшение ряда других важных показателей. Насколько удачно в настоящее время решены некоторые из этих вопросов, можно судить по описанным ниже некоторым типам аккумуляторов.

Аккумулятор с пористыми пластинами

Щелочный кадмиево-никелевый аккумулятор «вольтаблок» отличается от обычных аккумуляторов этого типа тем, что в нем имеются пористые пластины из порошкообразного никеля. В остальном устройство и конструкция аккумулятора почти такая же, как у обычных кадмиево-никелевых аккумуляторов.

Как известно, в обычных кадмиево-никелевых аккумуляторах каждая из пластин электродов сделана из тонкой никелированной стали и содержит ряд запрессованных в нее брикетов с активной массой. Эти брикеты имеют часто перфорированные оболочки, обеспечивающие доступ электролита к активной массе.

Активная масса положительных пластин состоит из гидрата окиси никеля, который смешивается с графитом для лучшей электрической проводимости, обеспечивая

меньшее внутреннее сопротивление аккумулятора. Активная масса отрицательных пластин содержит кадмий и железо.

Описываемый аккумулятор с пористыми пластинами отличается от обычных аккумуляторов подобного типа технологией изготовления активной массы. Путем обработки руды при высокой температуре и повышенном давлении получается порошкообразный никель с плотностью 0,5 и крупинками диаметром в несколько микрон. Крупинки, соединяясь между собой, образуют волокна длиной в десятые доли миллиметра, а последние при высоких температурах и пониженном давлении спекаются на стальном каркасе, образуя пористые пластины с большой площадью соприкосновения с электролитом. В результате у аккумуляторов с пористыми пластинами внутреннее сопротивление в 10 раз меньше, чем у обычных аккумуляторов этого типа. Этим и обеспечиваются основные эксплуатационные свойства описываемых аккумуляторов.

Главным этим свойством является возможность обеспечения больших разрядных токов при кратковременной нагрузке. Так, например, по литературным данным, батарея «вольтаблок» из 20 элементов емкостью 35 *ач* обеспечивала через каждые 10 *сек* разрядный ток 150 *а*. После 381 включения на нагрузку напряжение на зажимах батареи составляло 22,25 *в* (или 1,1 *в* на элемент). После зарядки батареи от нее в течение 3 *сек* брали ток 300 *а* с интервалами в 10 *сек*. После 61 включения на нагрузку напряжение на батарее было 20,7 *в* (или 1,03 *в* на элемент).

В описываемом аккумуляторе э. д. с. составляет 1,65 *в*, а после 5 *ч* разряда нормальным разрядным током она снижается до 1,15 *в*.

Для нужд телеуправления изготовляется герметический (с предохранительным клапаном) вибростойкий кадмиево-никелевый аккумулятор «вольтаблок» с пластинами толщиной 0,8 *мм*, нарезанными из пропитанной гидратом ленты длиной 500 *м*.

Сепараторы имеют толщину 0,15 *мм;* электролитом служит поташ. Напряжение в конце заряда равно 1,4 *в;* среднее напряжение разряда 1,2 — 1,25 *в*. Аккумулятор может быть заряжен на 80% номинальной емкости за 2 *ч*.

Аккумуляторы с пористыми пластинами свободно выдерживают температуру до —30° С.

Герметизированные кадмиево-никелевые аккумуляторы

Свойство кадмиево-никелевых аккумуляторов заряжаться при малых зарядных токах и сравнительно небольшое газообразование в них особенно ценно для создания герметизированных аккумуляторов, у которых относительно небольшие количества газов поглощаются в самом электролите. При этом устраняются такие недостатки обычных кадмиево-никелевых аккумуляторов, как необходимость отдельного помещения для их зарядки и эксплуатация их в вертикальном положении.

В последние годы разработаны и производятся в массовом количестве герметизированные кадмиево-никелевые аккумуляторы на емкости от 0,01 до 60 *ач*. Благодаря герметичной конструкции такие аккумуляторы можно монтировать в схему радиоустройства как обычные элементы схемы (как сопротивление или конденсатор) в любом положении. Для зарядки этих аккумуляторов не нужно вынимать их из радиоустройства, так как они не требуют, как обычные щелочные аккумуляторы, периодической доливки воды и электролита. Они нечувствительны к вибрациям и сотрясениям, могут работать в широком интервале температур. Их срок службы в 5 — 10 раз больше, чем у обычных щелочных аккумуляторов.

Кадмиево-никелевые герметизированные аккумуляторы выполнены с пористыми пластинами. Электролитом в них служит водная окись калия. Номинальное напряжение одного аккумулятора равно 1,25 *в*. Внешний вид нескольких типов малоемкостных герметизированных аккумуляторов, предназначенных для использования в переносной радиоаппаратуре, приведен на рис. 2.

Эти аккумуляторы обладают большой собственной емкостью. Включение аккумулятора типа D1,7 (прямоугольный аккумулятор на рис. 2 слева) в цепь накала (или другую низкоомную цепь) эквивалентно включению емкости в 10 000 *мкф*, что обеспечивает необходимое сглаживание тока накала.

Кадмиево-никелевые аккумуляторы допускают буферный режим их работы, в частности, они допускают параллельную работу с электрохимическими элементами подходящего напряжения и емкости. При такой параллельной работе нормально действующих элементов с почти разряженными аккумуляторами начинается подзаряд аккумуляторов и первоначальное относительно высокое напряжение элемента падает до 1,1 *в*. Когда напряжение элемен-

та станет ниже напряжения аккумулятора, начинается процесс заряда элемента.

Заряд аккумуляторов при наличии сетей переменного или постоянного тока производится через соответствующее зарядное устройство. При этом в радиоаппаратуре обычно предусматриваются специальный переключатель и специальные зажимы, с помощью которых можно осуществлять заряд аккумуляторов, жестко замонтированных в схему прибора. Эти аккумуляторы можно заряжать и от различных других источников постоянного тока, в том числе и от стартерных автомобильных аккумуляторов с на-

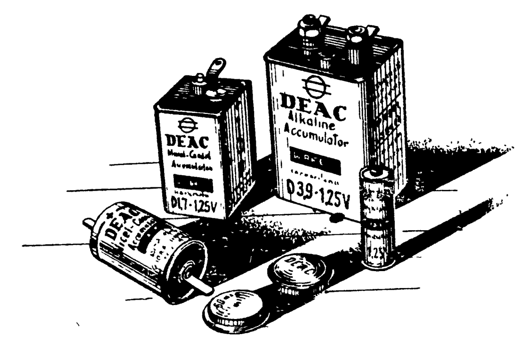


Рис. 2. Кадмиево-никелёвые герметизированные аккумуляторы.

пряжением 6 и 12 *в*. В этом случае, при заряде аккумуляторы типа D1,7 зарядным током 300 *ма* включается соответствующее добавочное сопротивление.

Описанные аккумуляторы нашли уже применение в качестве источников питания цепей накала переносных радиовещательных приемников и измерительной аппаратуры. Аккумулятор типа D3,9 (емкость 3,9 *ач*) позволяет осуществить непрерывное питание приборов током 275 *ма* в течение до 20 *ч*. Малоемкостные аккумуляторы этого типа, получившие название «пуговок», обычно используются в аппаратах для тугоухих. «Пуговка» с емкостью 60 *мач* имеет размеры серебряной монеты достоинством 10 коп. Такой аккумулятор обеспечивает непрерывную работу аппарата в течение 16 *ч*, а его зарядка длится 10 *ч*, следовательно, заряд может быть выполнен ночью, когда слуховым аппаратом не пользуются. Это тем более удобно, что перезаряд аккумуляторов не опасен для них.

Малоемкостные «пуговичные» аккумуляторы особенно удобны для использования их в устройствах с полупроводниковыми приборами.

Серебряно-цинковые аккумуляторы

Серебряно-цинковые аккумуляторы представляют собой одну из разновидностей щелочных аккумуляторов, которые за последние годы нашли применение благодаря их высоким эксплуатационным качествам.

Схематическое устройство серебряно-цинкового аккумулятора показано на рис. 3. В пластмассовом сосуде помещены отрицательные и положительные электроды, составленные из отдельных пластин. Отрицательные электроды, составленные из пластин окиси цинка, помещены в защитные пакеты из пластмассы, которая хорошо пропускает электролит и задерживает металлические частицы. Положительные электроды сделаны из чистого серебра. Электроды жестко соединены с выводными зажимами, хорошо проводящими ток шинами, надежно удерживающими взаимное расположение электродов внутри сосуда. При таком креплении отпадает надобность в поддерживающих сетках или решетках, которыми обычно фиксируют местоположение пластин в аккумуляторах разных типов.

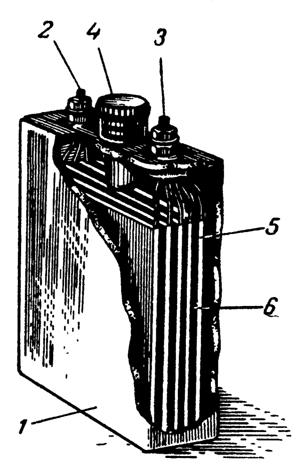


Рис. 3. Устройство серебряно-цинкового аккумулятора.

1 — коробка из пластмассы; 2 и 3 — выводные зажимы; 4 — водонепроницаемая пробка; 5 — отрицательный электрод; 6 — положительный электрод.

Электролитом аккумуляторов служит раствор едкого кали. При формовке аккумуляторов в процессе их производства в электролите в результате взаимодействия окиси цинка с едким кали образуется цинкат кали, являющейся солью несуществующей в свободном состоянии цинковой кислоты. Цинкат кали растворяется в воде, а окись цинка в воде нерастворима.

Свободное количество электролита, необходимое для нормальной работы аккумулятора, невелико. Это позволяет использовать аккумулятор как полусухой, эксплуатируя его в любом положении (горизонтальном или вер-

тикальном). Пробка, которой закрывается сосуд, водонепроницаема и открывается только на время заряда; при этом аккумулятор должен находиться в вертикальном положении.

На рис. 4 приведены зарядные, а на рис. 5 разрядные характеристики серебряно-цинкового аккумулятора емко-

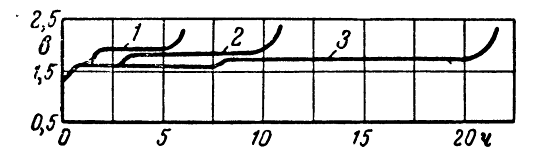


Рис. 4. Зарядные характеристики серебряно-цинкового аккумулятора.

1 — при 5-часовом заряде; 2 — при 10-часовом заряде; 3 — при 20-часовом заряде.

стью 0,75 *ач*. Несколько повышенное напряжение в начале разряда объясняется присутствием перекиси серебра. Как только перекись серебра перейдет в окись, напряжение становится постоянным и не изменяется до конца разряда. При напряжении 1,5 *в* происходит переход окиси серебра в чистое серебро. Образование перекиси серебра

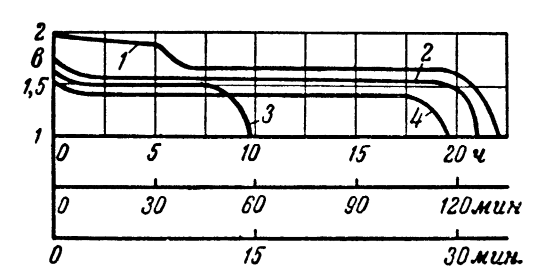


Рис. 5. Разрядные характеристики серебряно-цинкового аккумулятора.

1 — при 20-часовом разряде и токе 2,5 *ма*; 2 — при 120-минутном разряде и токе 250 *ма*; 3 — при 60-минутном разряде и токе 500 *ма*; 4 — при 30-минутном разряде и токе 1 *а*.

во время заряда аккумулятора сопровождается повышением напряжения на аккумуляторе в результате различия концентрации свободных электронов в материалах электродов, как это описывалось выше, при объяснении принципа действия электролитических систем, каким является аккумулятор.

Серебряно-цинковые аккумуляторы допускают значительную плотность тока, доходящую до 0,5 *а/см*^{2} активной поверхности электродов, благодаря чему можно снимать большие токи с аккумулятора малых размеров. Особенно заметны преимущества серебряно-цинковых аккумуляторов перед другими при импульсном характере нагрузки. Благодаря малому внутреннему сопротивлению серебряно-цинковый аккумулятор емкостью 0,5 *ач* может обеспечить в кратковременном импульсе ток до 600 *а*. По литературным данным ток при непременном разряде батареи серебряно-цинковых аккумуляторов емкостью 85 *ач* составляет 600 *а*, а при кратковременных разрядах — до 2 000 *а*. Размеры такой батареи 400 × 200 × 265 *мм* при общем весе 29 *кг*.

Аккумуляторы достаточно хорошо работают при температуре до—59° С, т. е. до полного замерзания электролита. Верхним пределом температуры для этих аккумуляторов можно считать + 80° С. При этом аккумуляторы хорошо переносят относительно большие перепады давления окружающей среды. Нормальными температурными пределами работы аккумуляторов считают — 30 и + 70° С.

Заряженные аккумуляторы могут храниться в течение долгого времени, мало изменяя свою емкость благодаря небольшому саморазряду. При хранении аккумулятора в течение одного года емкость заряда уменьшается на 20—30% относительно его номинального значения.

Серебряно-цинковые аккумуляторы в 4—6 раз легче и во столько же раз меньше по объему, чем обычные кислотные и щелочные аккумуляторы, при одинаковой емкости заряда.

Очевидно, что приведенные краткие данные и характеристики серебряно-цинковых аккумуляторов обеспечиваются при соблюдении соответствующей технологии их производства, при высокой чистоте серебра, хорошем качестве окиси цинка, хорошей фильтрации металлических частиц защитными пакетами отрицательных пластин и нужной концентрации электролита. В противном случае увеличивается саморазряд и уменьшается емкость заряда аккумуляторов, повышается внутреннее сопротивление и ограничивается разрядный ток аккумуляторов.

В настоящее время серебряно-цинковые аккумуляторы изготавливаются почти во всех странах мира, причем технология их изготовления всюду почти одинакова. Отече-

ственной промышленностью изготавливаются серебряно-цинковые аккумуляторы, данные которых приведены в табл. 2.

Таблица 2

Обозначение	Номинальное напряжение, *в*	Номинальная емкость *ач*	Ток заряда, *а*	Ток при пятиминутном разряде, *а*	Размеры, *мм*	Вес, *г*
СЦ-0,5	1,5	0,5	0,5	7	12×24×37	19,5
СЦ-5	1,5	5	5	70	32×45×63	165
СЦ-11	1,5	12	10	120	21×41×100	190
СЦ-25	1,5	25	25	300	47×47×107	470
СЦ-45	1,5	45	50	700	47×51×140	700
СЦ-95	1,5	95	100	1 200	71×55×212	1 820
СЦ-100	1,5	100	100	1 200	50×105×140	1 950

Газовые аккумуляторы

Все существующие до сих пор аккумуляторы характеризуются тем, что активным веществом, участвующим в электрохимических процессах, являются металлические электроды (свинец, никель, серебро и др.). Вследствие этого такие аккумуляторы тяжелы и дороги. В процессе заряда и разряда аккумуляторов выделяются газы. Например, при заряде свинцового аккумулятора выделяется водород, восстанавливающий окислы свинца в чистый свинец. На аноде выделяется кислород, окисляющий свинец пластины и превращающий ее в двуокись свинца. Эти газы играют вспомогательную роль в электрохимических процессах, происходящих в аккумуляторах, и при выключении аккумуляторов и прекращении тока через них выделение газа также прекращается.

Подобно тому, как это имеет место в обычных аккумуляторах, когда разность потенциалов на электродах определяется свойствами металлов, также можно получить соответствующую разность потенциалов между разными газами и на этой основе построить газовые аккумуляторы. В таких аккумуляторах образуются во время заряда и длительное время сохраняются запасы газов, взаимодействующих между собой при разряде. При этом газы являются активными веществами, а электроды не участвуют в электрохимических процессах и служат только носителями запасенных газов. Этим и объясняется, что в качестве электродов газовых аккумуляторов используется активированный уголь, обладающий большой адсорб-

ционной способностью. Для получения большой электрической емкости должны быть применены такие газы, которые в аккумуляторах обеспечивают получение наибольшей разности потенциалов и хорошо поглощаются (адсорбируются) электродами.

Простейший газовый аккумулятор состоит из двух пластин активированного угля, помещенных в банку с 15%-ным раствором хлористого натрия (поваренной соли). При заряде аккумулятора происходит электролиз раствора хлористого натрия, в результате чего отрицательный электрод насыщается водородом, а положительный хлором. Электродвижущая сила такого аккумулятора составляет 2,5 *в*. В процессе эксплуатации аккумулятора необходимо периодически менять электролит, так как в нем скапливается едкий натр, получающийся при электролизе соли.

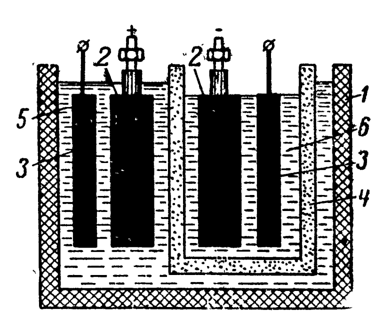


Рис. 6. Схематическое устройство газового аккумулятора.
1 — основной сосуд; *2* — основные угольные элект оды; *3* — вспомогательные угольные электроды для заряда; *4* — вспомогательный сосуд для второго элект олита; *5* — раствор поваренной соли; *6*—раствор сернистого натрия.

В газовых аккумуляторах можно применять и другие электролиты, состоящие из растворов солей, кислот и щелочей. В зависимости от применяемого электролита будут выделяться те или иные газы, и э. д. с. аккумуляторов будут различными. Так, например, пара водород—кислород со слабым раствором серной кислоты обеспечивает э. д. с. в 2 *в*, а водород и углекислый газ с раствором питьевой соды дают э. д. с. в 1,3 *в*. Хорошие результаты обеспечивают пара хлор — сернистый газ, так как эти газы хорошо удерживаются активированным углем. Трудность применения этой пары газов связана с необходимостью производить электролиз двух электролитов.

Устройство простейшего газового аккумулятора, в котором используются хлор и сернистый газ, заключается в следующем. В отдельных банках два электрода из активированного угля путем электролиза насыщаются газом. Хлор собирается на одном угольном электроде при разложении поваренной соли, а сернистый газ — на другом электроде во второй банке при электролизе сернистого на-

трия. Затем угольные электроды, насыщенные газами, помещаются в общий сосуд, залитый электролитом, которым служит раствор хлористого натрия. Сернистый газ в таком аккумуляторе является носителем отрицательного, а хлор положительного потенциала. Электродвижущая сила такого аккумулятора равна 1 *в.*

Схематическое устройство описанного газового аккумулятора показано на рис. 6. Пластины *3* служат вспомогательными при заряде аккумулятора. К ним подключается отрицательный полюс источника тока, от которого заряжается аккумулятор; положительный полюс подключается к обеим пластинам *2*. При разряде аккумулятора нагрузка включается в соответствии с полярностью, показанной на рис. 6.

Технология производства и эксплуатационные свойства описанных газовых аккумуляторов еще недостаточно отработаны, но их использование весьма перспективно, ибо вместо тяжеловесных и дорогостоящих обычных аккумуляторов возможно будет использовать легкие и дешевые газовые аккумуляторы.

ЭЛЕКТРЕТЫ

Предвестник электрета был открыт акад. Эпинусом еще в 1756 г., когда во время исследования пироэлектрических[1] явлений им было установлено, что переохлажденный кристалл турмалина обладает большим электрическим моментом. Примерно в 1838 г. Фарадей на основании теоретических соображений ввел понятие о диэлектрических телах с постоянной остаточной поляризацией. Эти тела позднее получили название электретов.

Действие и процесс образования электретов могут быть описаны в следующем простейшем виде. Известно, что все тела, состоящие из элементарных частиц, можно представить себе как бесчисленное множество элементарных магнитных и электрических диполей, подразумевая под последними два разноименных магнитных или электрических заряда. Обычно эти диполи не ориентированы и расположены друг относительно друга настолько хаотически, что общий магнитный или электрический заряды этих тел равны нулю. Если же под воздействием каких-либо процессов эти диполи строго ориентированы, то их

[1] Пироэлектрический эффект — создание поверхностных электрических зарядов при изменениях температуры в некоторых кристаллах.

магнитные или электрические моменты складываются, и данное тело обладает явно выраженными магнитным или электрическим моментом. Так, например, если в сильное магнитное поле поместить магнитный материал, то под действием внешнего магнитного поля все элементарные магнитики будут ориентированы, и данный материал станет магнитом с явно выраженными магнитными полюсами. В зависимости от свойств магнитного материала его магнитные свойства могут сохраняться долгое время, как это имеет место в искусственно созданных постоянных магнитах, или пропадает сразу же после прекращения действия внешнего магнитного поля.

Точно таким же образом, воздействуя на материал внешним электрическим полем, можно создавать правильную ориентацию отдельных элементарных диполей, и общий электрический диполь всего тела станет заметным. В таком теле можно получить заметную разность потенциалов на гранях исследуемого тела. В простейшем виде ориентированные электрические диполи можно представить так, как это сделано на рис. 7.

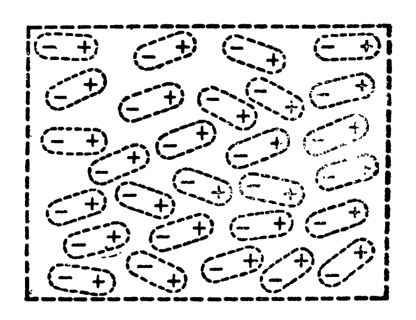


Рис. 7. Схематическое изображение постоянной ориентации молекул в электрете.

Остаточный электрический потенциал может быть замечен не во всех диэлектрических телах, а степень ориентации элементарных электрических диполей проявляется по-разному в различных телах при разных температурах. Для закрепления получаемой ориентации элементарных диполей используется метод изменения температуры тела. Так, например, карнаубский воск, расплавленный и затвердевающий в сильно электрическом поле, сохраняет после этого получающуюся ориентированную поляризацию электрических диполей: поляризация как бы «замораживается» и сохраняется после устранения внешнего электрического поля. При этом расплавление воска облегчает получение ориентации элементарных диполей, а когда воск затвердевает, то всякое изменение ориентации молекул и диполей затруднено.

Впервые устойчивый электрет был изготовлен в 1922 г. японскими учеными Сато и Эгучи из смеси восков и смол, застывание расплава которых происходило в сильном электрическом поле.

Между электретами и постоянными магнитами имеется много сходства и в смысле уничтожения получающегося электрического заряда. При электризации диэлектриков имеет место циклический ход кривой электризации, аналогичной петле гистерезиса у магнитных материалов. Электрет можно разрезать по нейтральной линии между полюсами и получить два независимых друг от друга электрета. Можно удалить наружный слой материала, не нарушая свойств электрета. Так же как и постоянные магниты, электреты рекомендуется хранить с замкнутыми накоротко полюсами. При хранении их в разомкнутом состоянии наблюдается некоторое уменьшение заряда, которое может быть восстановлено закорачиванием электрета. Электрет можно разрушить, если поместить его в сильное переменное поле высокой частоты, подобно тому как производится размагничивание. Уничтожить электрет можно также при его расплавлении.

Производство электретов носит еще опытно-лабораторный характер. В первую очередь электреты изготавливались для измерительных целей в электрометре и струнном гальванометре. В этих приборах электрет в виде пластинки или цилиндра подвешивался между двумя металлическими электродами, к которым подводились измеряемые электрические заряды. Под силой взаимодействия зарядов электродов и электрета последний отклоняется от своего нулевого положения.

В первое время для изготовления электретов пользовались легкоплавкими диэлектриками; смолами, воском и их смесями. Простейшая лабораторная установка для получения электретов из легкоплавких смол схематически показана на рис. 8. Пластина *1* размерами 95×95×10 *мм* из высококачественного изоляционного материала имеет конусное отверстие в центре ($r_1 = 17$, а $r_2 = 15$ *мм*). Отверстие закрыто с двух сторон латунными электродами *2*, к которым подводится постоянное напряжение. Этот пакет закрепляется в прямоугольной раме *3* при помощи винтов *4* и пластин *5*. Рама с пакетом устанавливается на бруски *6*. Измельченный порошок смеси диэлектриков, из которых изготавливается электрет, загружается в холодном состоянии через воронку *7*. Рама с пакетом и диэлек-

трикoм помещается в термостат, где вещество расплавляется и протекает в конусное отверстие пластины. Чтобы избежать образования раковин во время охлаждения, воронку подогревают надетой на нее электрической печью. Выход воздуха происходит через отверстие с вставленной в него стеклянной трубкой. После того как вещество расплавилось, нагрев термостата прекращается и на электроды *2* подается высокое напряжение (порядка 10 *кв*). Процесс формовки электрета длится до полного остывания раствора (около 60—80 *мин*).

В последние годы начали изготовлять электреты из расплавленной серы и некоторых сортов стекла с целью получения большой механической прочности. Отмечается также, что свойствами электретов обладают некоторые виды конденсаторной керамики с большой диэлектрической проницаемостью, например метититанат бария.

Рис. 8. Установка для изготовления электретов.

а — разрез пакета для загрузки диэлектрика; *б* — станок для электрической формовки электрета.

1 — изоляционная пластина с конусным отверстием; *2* — латунные электроды; *3* — прямоугольная рама; *4* — крепящие винты; *5* — прокладочная пластина *6* — бруски; *7* — воронка.

Имеются литературные сведения о возможности получения электретов в электрическом поле при нормальной температуре, но при облучении образцов сильным светом. Такие электреты получили название «фотоэлектретов».

При изготовлении электретов в некоторых случаях наблюдается следующее явление. После электризации поверхность электрета, которая была обращена к электроду с положительным зарядом (аноду), обладала отрицательным, а противоположная сторона электрета положительным зарядом. Со временем первоначальные заряды уменьшались и за несколько дней переходили в заряды противоположных знаков. Эти вторичные заряды оставались в дальнейшем длительное время постоянными. Характер изменения зарядов электрета характеризуется графиком рис. 9.

В период второй мировой войны в Японии в военной аппаратуре связи применялись конденсаторные микро-

фоны без источников постоянного тока. В этих микрофонах мембрана располагалась над поверхностью плоского электрета, который и был источником напряжения постоянного тока. Такой электретный микрофон является обратимым прибором и может быть использован как громкоговоритель.

Электреты могут эффективно использоваться как источники смещающего напряжения в сеточных цепях электронных

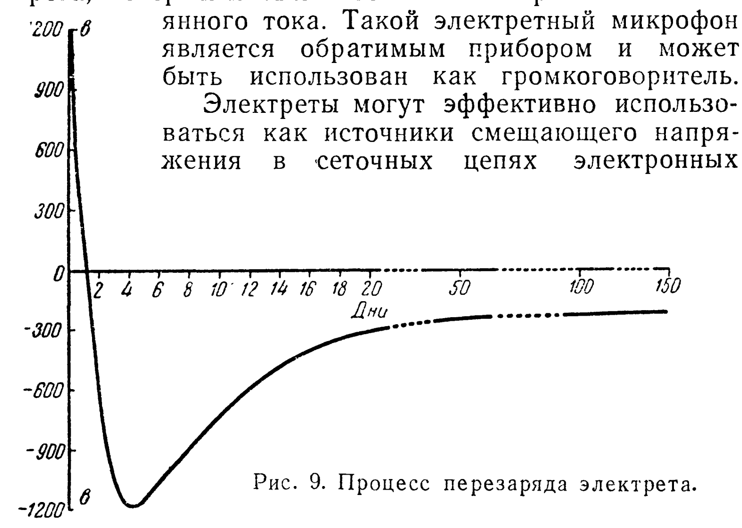


Рис. 9. Процесс перезаряда электрета.

ламп, а также для фокусировки электронного пучка в осциллографических и индикаторных трубках и во всех других случаях, когда требуется постоянное напряжение при очень малом потреблении тока.

НЕПОСРЕДСТВЕННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЭНЕРГИИ

Термоэлектрогенераторы

В простейшем виде термоэлектрический генератор представляется как батарея термопар, у которых одни концы спаев подогреваются, а вторые концы имеют вполне определенную и достаточно низкую температуру. Благодаря разности температур концов спая термопар в них наблюдается термоэлектрический эффект; создается термо-э. д. с. и во внешней замкнутой электрической цепи протекает ток. Простейшая схема термоэлектрического генератора может быть представлена так, как это показано на рис. 10. Каждая термопара может состоять из двух разнородных проводников, двух разнородных полупроводников или из проводника и полупроводника.

Действие термопары основано на том, что в пограничном слое соприкосновения проводников или полупроводников различного химического состава создается контактная разность потенциалов. Если внешняя цепь обоих элементов термопары замкнута и температуры концов термопары одинаковые, то контактные разности потенциалов взаимно уравновешиваются и ток в цепи отсутствует. Если же концы термопары находятся при разных температурах, то возникает термо-э. д. с., причем процесс возникновения э. д. с. обусловлен тем, что электроны с большей концентрацией горячего места спая термопары будут двигаться к холодному спаю, где концентрация электронов меньшая. Это вытекает из того, что кинетическая энергия электронов проводимости при более высокой температуре больше, чем при низкой.

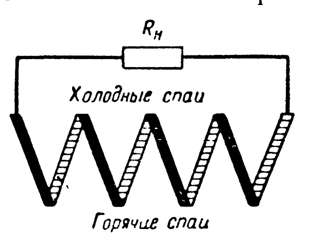


Рис. 10. Простейшая схема устройства термоэлектрогенератора.

Большая теплопроводность металлических термопар не допускает большой разности температур, вследствие чего не обеспечивается получение высоких значений термо-э. д. с. и к. п. д. Этим и объясняется, что термопары применялись почти исключительно для измерительных целей. Появившиеся возможности использования полупроводниковых термопар привело сейчас к созданию термоэлектрогенераторов. Во многих термогенераторах используется пара, состоящая из проводника и полупроводника.

В термопаре, состоящей из полупроводников с *n* и *p* проводимостями, процесс возникновения термо-э. д. с. можно описать следующим образом. В месте горячего спая термопары число электронов проводимости в полупроводнике *n* и число электронных дырок в полупроводнике *p* резко возрастает в силу свойственных полупроводникам температурных особенностей. При этом электроны и дырки в полупроводниках движутся от горячего места спая к холодному. Соответствующее перемещение этих зарядов приводит к тому, что горячий конец полупроводника *p* заряжается отрицательно, а холодный положительно вследствие диффузии электронных дырок из горячего конца спая в холодный конец. В полупроводнике же *n* горячий конец заряжается положительно, а холодный отрицательно вследствие движения электронов от горяче-

го конца спая к холодному концу. В результате термо-э. д. с. обоих полупроводников и общая э. д. с. полупроводниковой термопары превышают э д. с. металлической пары в несколько десятков раз.

Полупроводниковые материалы обладают меньшей теплопроводностью, чем металлы, а также допускают во многих случаях большую разность температур концов спая. Этим самым эффективность преобразования тепловой энергии в электрическую при помощи полупроводниковых термопар повышается.

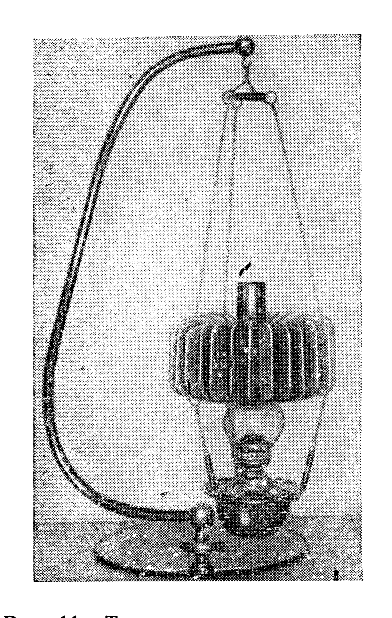


Рис. 11. Термоэлектрогенератор ТГК-3.

В 1953 г. отечественной промышленностью был изготовлен в массовой серии термоэлектрогенератор типа ТГК-3, внешний вид которого показан на рис. 11. Примерно такова же конструкция последующего типа термоэлектрогенератора типа ТЭГК-2-2. В обоих генераторах термопара содержит металлическую и полупроводниковые ветви. Все термопары соединены в батареи, внутренние спаи которых нагреваются горячими газами керосиновой лампы, а наружные (холодные) места спаев охлаждаются комнатным воздухом. Для создания на каждой ветви термобатареи наибольшего перепада температуры наружные концы термопар соединены с металлическими ребрами радиатора, усиливающего охлаждение мест спая. На горелку керосиновой лампы вместо обычного стекла надето укороченное, в отверстие которого вставлена металлическая трубка с нагревателем термопар. Трубка создает при этом тягу, необходимую для нормального горения керосиновой лампы. Термоэлементы расположены по радиусам вокруг нагревателя так, что их наружные спаи примыкают к ребрам радиатора, а внутренние спаи — к горячей стенке нагревателя.

Керосиновая лампа одновременно используется для освещения помещения. При нормальном горении лампы температура горячих спаев термопар доходит до 380° С, а температура холодных не превышает 70—80° С.

Термоэлектрогенератор ТГК-3 содержит две термобатареи. Одна из них используется для накала электронных ламп и дает напряжение около 2 *в* при токе нагрузки до 0,5 *а*, а другая обеспечивает питание анодных цепей ламп через вибропреобразователь с выходным напряжением около 120 *в* при токе нагрузки до 8 *ма*.

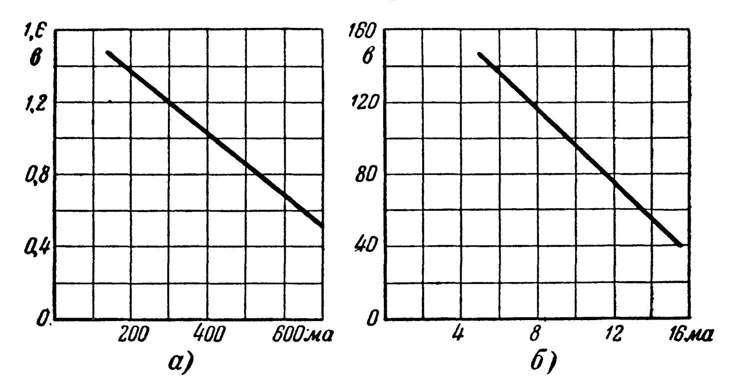


Рис. 12. Нагрузочные характеристики термоэлектрогенератора ТЭГК-2-2.
а — батареи накала; *б* — батареи анода.

Расход керосина составляет 60—70 *г* в час. Однократный запас керосина в лампе обеспечивает 8 *ч* непрерывной работы термоэлектрогенератора. Вес генератора без вибропреобразователя равен 3 *кг*. Вес вибропреобразователя с трансформатором составляет 3 *кг*.

Термоэлектрогенератор типа ТЭГК-2-2 отличается от ТГК-3 отсутствием вибропреобразователя и обеспечивает анодное питание от высоковольтной термобатареи. Общая выходная мощность и к. п. д. этого термоэлектрогенератора выше, чем у ТГК-3. Электрические характеристики термоэлектрогенератора ТЭГК-2-2 приведены на рис. 12.

Для питания передвижных радиостанций «Урожай» и радиотрансляционных узлов типа КРУ-2 в 1956 г. началось серийное производство более мощных термоэлектрогенераторов типа ТГК-10. В этом термоэлектрогенераторе керосин используется в керогазовой горелке только для обогрева термобатарей и не обеспечивает освещения по-

мещения. Над горелкой керогаза расположен восьмигранный алюминиевый теплопередатчик, снабженный вертикальными радиаторами, по которым проходят горячие газы из горелки. Для усиления тяги над теплопередатчиком имеется небольшая жестяная трубка. На боковых гранях теплопередатчика установлены секции термобатареи таким образом, что нагреваемые спаи термобатарей прижаты к поверхности теплопередатчика. Спаи же, подлежащие охлаждению, обращены наружу радиатора, усиливающего охлаждение мест спаев за счет передачи тепла в окружающее пространство.

При разности температур между спаями термопар около 300° С каждая термопара развивает э. д. с. около 55 *мв*. Рабочее напряжение термопары при токе нагрузки 1 *а* равно 30—35 *мв*. Внутреннее сопротивление каждой термопары составляет приблизительно 0,02 *ом*. Чувствительность термопары около 180 *мкв*/° С. При нормальном режиме работы термоэлектрогенератора температура горячих спаев равна 400—420° С, а температура холодных мест спаев термопары 90—100° С. Коэффициент преобразования тепловой энергии в электрическую составляет около 3,5%.

Термоэлектрогенератор ТГК-10 имеет две термобатареи для питания накальных и анодных цепей электронных ламп. Всего в генераторе установлено 410 термопар, из которых 36 составляют накальную батарею, а 374 — батарею для питания первичной цепи вибропреобразователя. При этом обеспечивается получение тока 0,7 *а* при напряжении 1,2 *в* и 1 *а* при напряжении 10 *в*. Расход керосина составляет 100—105 *г* в час. Исходя из этого, общий к. п. д. термоэлектрогенератора ТКК-10 приблизительно равен 1%.

В 1955 г. во Франции были выпущены промышленностью термоэлектрогенераторы с газовыми горелками. Небольшой баллон с газом (бутан) весом 4 *кг* обеспечивает непрерывную работу термоэлектрогенератора на полную мощность в течение 150 *ч*. Отдельные части такого термоэлектрогенератора и относительные их размеры по сравнению с обычными очками показаны на рис. 13.

Термопары составлены из жаропрочных сплавов, состав которых не опубликован. В каждую термопару в качестве положительного электрода входит сплав, температура плавления которого равна 1 400° С, а отрицательным электродом служит чистый никель или специальный сплав.

Термоэлектрогенератор состоит из двух батарей по 60 термопар. Каждая термопара изготовлена из полосок длиной 55, шириной 1,7 и толщиной 0,5 *мм*. Полоски разноименных материалов, составляющих термопару, сварены точечной сваркой не в стык, а в накладку на протяжении 12 *мм*. При рабочей температуре 400° С термопара развивает напряжение около 0,03 *в*. Вес каждой термопары ра-

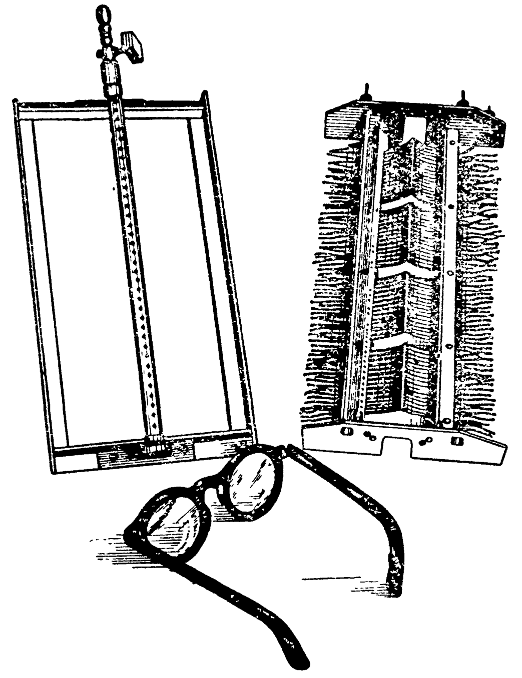


Рис. 13. Термоэлектрогенератор с газовой горелкой.

вен 1 *г*. Всё 60 термопар каждой батареи расположены плотно рядом друг с другом и соединены последовательно. Нагрев батарей производится узким длинным (во всю длину батарей) пламенем газовой горелки. После 2 *мин* прогрева первая батарея обеспечивает напряжение 2 *в* и уменьшается до 1,7 *в* при токе нагрузки 220 *ма*. Вторая батарея расположена на расстоянии 3 *мм* от первой и отдает мощность примерно в 2 раза меньше, чем первая батарея.

Во время второй мировой войны в войсках США для питания радиоаппаратуры использовался термоэлектроге-

нератор, состоящий из 168 хромельконстантановых термопар, заключенных в теплоизолирующую керамику. Общий вид термоэлектрогенератора показан на рис. 14. Для нагрева горячих спаев термопар применена бесшумная бензиновая горелка. Температура воздуха у горячих спаев поддерживается около 725° С, а температура холодных спаев термопар оказывается равной около 93° С. Термоэлектрогенератор может непрерывно работать в течение 8 *ч*, расходуя 3,8 *л* бензина. Его вес около 5 *кг*. Срок службы термопар составляет приблизительно 2 000 *ч* работы.

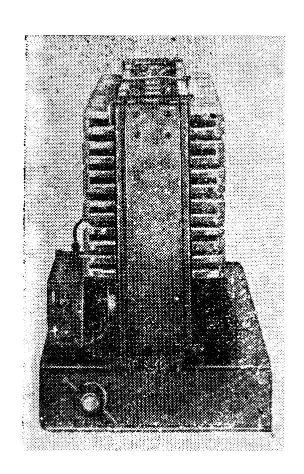


Рис. 14. Термоэлектрогенератор для питания портативной радиоаппаратуры.

Этот термоэлектрогенератор может быть использован в двух режимах. В первом случае все термопары включаются последовательно и обеспечивают при этом напряжение 2,5 *в* при токе нагрузки 2 *а*. Внутреннее сопротивление термоэлектрогенератора составляет примерно 1,75 *ом*. В таком режиме он используется для питания передвижной радиоаппаратуры через вибропреобразователь. Во втором случае термоэлектрогенератор используется для заряда аккумуляторов напряжением 2 *в*. Для этого все термопары включаются в две параллельно соединенные батареи по 84 последовательно включенных термопар в каждой.

Термоэлектрогенераторы различного типа изготавливаются промышленностью почти всех стран мира. Их назначение, конструкции и электрические характеристики примерно такие же, как у описанных выше. Некоторое исключение представляют термоэлектрогенераторы, предназначенные для использования их в сочетании с коллекторами тепловой энергии солнечных лучей. Один из термоэлектрогенераторов подобного типа, описанный в литературе, представляет собой следующее. Плоский коллектор тепловой энергии укреплен на подставках таким образом, что его можно устанавливать в любом положении перпендикулярно солнечным лучам с целью наилучшего использования площади нагрева. С наружной стороны коллектор

застеклен несколькими слоями специального стекла, наименьшим образом отражающего солнечные лучи. Коллектор теплоизолирован от окружающих предметов. Горячие концы термопар непосредственно контактируют с коллектором тепловой энергии, причем для лучшего ее поглощения к местам спаев термопар прикреплены зачерченные медные пластины толщиной 0,5 *мм*. Холодные концы термопар, соединенных последовательно, заканчиваются радиатором из листовой меди (для лучшего охлаждения).

Солнечные батареи

Под солнечными батареями принято понимать фотоэлектрические преобразователи энергии солнечных лучей в электрическую энергию. Важность использования такого рода преобразователей очевидна и является объектом конструкторов и ученых всего мира. Это важно потому, что только небольшая часть энергии, запасенной тысячелетиями в виде угля, нефти и леса, практически используется человечеством. По сравнению с этими запасами энергия солнечных лучей, достигающих земной поверхности, огромна. Около $85 \cdot 10^{12}$ *квт* энергии Солнца достигает земной поверхности и значительная часть этой энергии отражается и рассеивается в окружающем пространстве. Максимальная мощность солнечного излучения достигает почти 1 *квт/м*^{2} земной поверхности при прямом солнечном освещения. В средних широтах земного шара солнечное излучение в среднем составляет от 80 до 300 *вт/м*^{2}. Проблема непосредственного преобразования энергии солнечных лучей в электрическую энергию остается еще до сих пор нерешенной. Однако разработанные в последние годы фотоэлектрические преобразователи привели к созданию ряда маломощных установок с приемлемыми значениями к. п. д. и конструкциями.

До разработки фотоэлектрических преобразователей энергии солнечных лучей и по сие время продолжают использовать непрямые методы преобразования энергии. Одним из таких известных сейчас методов использования тепла солнечных лучей является сооружение солнечных тепловых электростанций, представляющих обычно систему зеркал или одиночное параболическое зеркало, с помощью которого концентрируется тепловая энергия в фокусе зеркала, где располагается бак с водой. Под действием концентрированных лучей вода в баке нагревается, испаряется и этим паром приводится в действие паровая

машина или турбина, спаренная с электромашинным генератором. Приближенно подсчитано, что с зеркалом 120 $м^2$ можно построить электрическую станцию мощностью до 75 *квт*. На Юге, где число солнечных дней в году достаточно велико, такая станция может снабжать электроэнергией небольшое предприятие или поселок почти круглый год. Общий к. п. д. такой установки может достигать 60%.

Солнечные электротепловые установки, подобные описанной с зеркалами, не являются непосредственными преобразователями энергии, и их эффективное использование вынуждает применять дорогостоящие громоздкие вспомогательные устройства и связано с большим расходом энергии. Например, известный из литературы проект мощной электростанции предусматривает непрерывное движение нескольких железнодорожных составов по кругу таким образом, чтобы электротепловые установки с зеркалами, расположенными на этих железнодорожных составах, все время находились перпендикулярно к солнечным лучам. Легко представить себе и затруднения, связанные с необходимостью постоянного ухода за поверхностью фокусирующих зеркал.

Одним из прямых методов преобразования энергии солнечных лучей является термоэлектрический, который сочетает термоэлектрический генератор с поглощающим зеркалом или плоским коллектором солнечной энергии. Однако в силу некоторых недостатков, свойственных термоэлектрогенераторам, в частности из-за большого внутреннего сопротивления термобатарей генератора, нельзя считать этот метод перспективным для получения заметно больших мощностей установок или простоты их конструкции.

Более простым методом непосредственного преобразования энергии солнечных лучей в электрическую энергию является фотоэлектрический метод. Благодаря простоте своей конструкции, малым габаритам и весу, а также надежности в эксплуатации эти устройства представляют особый интерес для их использования в качестве источников электрического питания переносных малогабаритных радиоустройств. Такую фотоэлектрическую батарею можно эксплуатировать в буферном режиме и при соответствующей емкости буферного аккумулятора можно вести работу радиоаппаратуры и в часы, когда Солнце скрыто облаками, или даже ночью.

Солнечные батареи или, как правильно их называют, фотоэлектрические преобразователи представляют ряд фо-

тоэлементов, соединенных между собой по параллельно-последовательной схеме и замкнутых на сопротивление нагрузки. В случае их эксплуатации в буферном режиме параллельно нагрузке подключается аккумулятор.

Естественно, что к фотоэлементам солнечной батареи предъявляется ряд требований, в том числе высокое значение к. п. д., соответствующая спектральная характеристика, относительно низкое значение внутреннего сопротивления, малая стоимость, простота конструкции и малый вес. Большинство известных до настоящего времени фотоэлементов этим требованиям не удовлетворяет. Только отдельные типы полупроводников фотоэлементов могут быть использованы для этих целей.

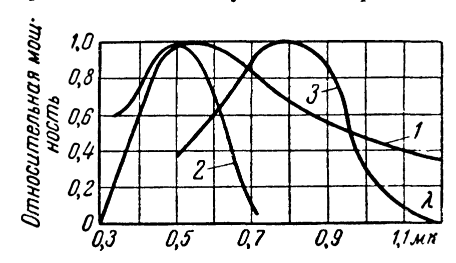


Рис. 15. Спектральные характеристики.

1—распределение энергии в спектре Солнца; 2 — спектральная характеристика селенового фотоэлемента; 3 — спектральная характеристика кремниевого фотоэлемента.

Простейший полупроводниковый фотоэлемент — селеновый имеет спектральную характеристику с максимумом чувствительности на длине волны $\lambda=0,56$ *мк*, что почти соответствует наибольшей плотности энергии солнечных лучей, как это видно из сравнения спектральных характеристик, показанных на рис. 15. Однако лучшие образцы селеновых фотоэлементов имеют к. п. д. около 0,1% и с точки зрения требований, предъявляемых к фотоэлектрическим преобразователям, непригодны. Не удовлетворяются также требования и по величине внутреннего сопротивления селенового фотоэлемента. Его внутреннее сопротивление составляет 10^3—$5\cdot10^4$ *ом*. Такое большое внутреннее сопротивление не дает возможности нагружать фотоэлемент низкоомным сопротивлением нагрузки, какими обычно являются первичная цепь вибропреобразователя, входное сопротивление преобразователей напряжения или цепи накала лампы.

В настоящее время наиболее удовлетворительными фотоэлектрическими преобразователями являются кремниевые фотоэлементы с *p-n*-переходами, создаваемыми строго нормированными примесями. В простейшем случае кремниевый фотоэлемент для солнечной батареи представляет собой тонкую узкую пластинку химически чистого кремния, в который добавлены в строго определенном количестве примеси других веществ. Одну из поверхностей такой пластинки покрывают тонким и равномерным слоем бора и в течение некоторого времени так технологически обрабатывают, что атомы бора проникают в кремниевую пластинку на заданную глубину и образуют в этом пограничном слое *p-n*-переход.

Кремниевая пластинка фотоэлемента имеет круглую или прямоугольную форму. Толщина пластинки 0,7—1 *мм*, а ее площадь обычно ограничивается размерами монокристалла кремния и может быть доведена до 5—8 $см^2$. Однако исследованиями доказано, что наилучшие результаты достигаются с пластинками небольших размеров, порядка 1 $см^2$. В современных кремниевых фотоэлементах с 1 $см^2$ активной площади можно получить ток 24 *ма* при напряжении 0,5 *в*, что соответствует общему к. п. д. фотоэлемента около 6%. Максимальная отдаваемая мощность в нагрузку составляет от 10 до 12 *мвт* на 1 $см^2$.

Расчетами показано, что максимально достижимый к. п. д. кремниевых фотоэлементов может быть равен 22%. Практически же благодаря потерям за счет отражения солнечных лучей от поверхности фотоэлемента, а также наличия сопротивления в запирающем слое и контактных выводах максимальный к. п. д. получается порядка 11%.

На рис. 16 показан внешний вид одной из первых конструкций солнечной батареи. Она состоит из 39 элементов размерами 50×12, 5×1 *мм*, соединенных в три параллельные группы по 13 последовательно соединенных элементов в каждой группе. Общая полезная площадь батареи составляет примерно 150 $см^2$ при общей площади батареи 17,5×17,5 *см*. При надлежащем выборе сопротивления нагрузки выходное напряжение получается около 4 *в* при токе нагрузки 0,1 *а*.

В последнее время солнечные батареи используются в качестве источников питания радиовещательных приемников с полупроводниковыми приборами. Один из таких приемников, например, питается от кремниевой солнечной батареи с выходным напряжением 5 *в* в буферном режиме

с малогабаритным аккумулятором. Радиоприемник собран на семи транзисторах и обеспечивает выходную звуковую мощность 100 *мвт*. Общий вес приемника 800 *г*.

В третьем советском искусственном спутнике Земли наряду с химическими источниками тока впервые применены кремниевые солнечные батареи для питания радиотехнической и телеметрической аппаратуры. На спутнике, на поверхности его корпуса, расположены 9 секций солнечной батареи, от которых питается коротковолновый

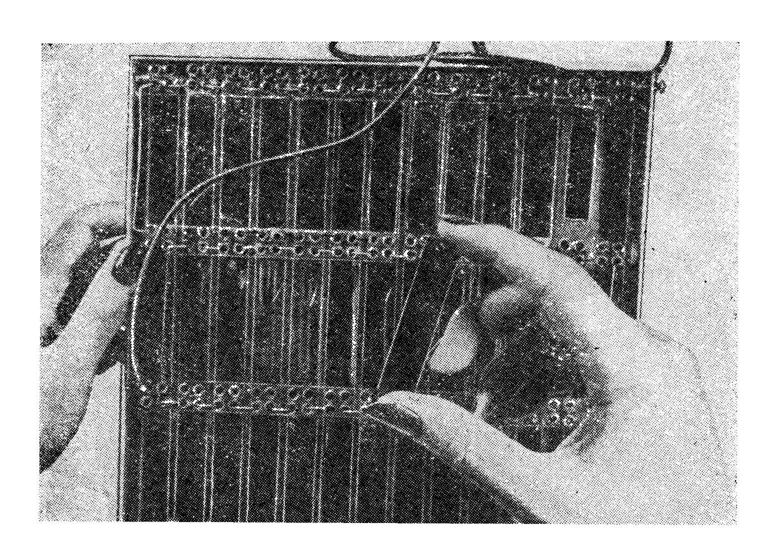


Рис. 16. Внешний вид солнечной батареи из трех секций.

радиопередатчик. При движении спутника в земной тени питание передатчика автоматически переключается с солнечных батарей на питание от электрохимических источников тока. Информация о работе солнечных батарей передается путем изменения длительности телеграфных сигналов, посылаемых передатчиком.

Ориентировочно подсчитано, что для освещения небольшой квартиры при напряжении питания 127 *в* и токе нагрузки 3 *а* потребуются солнечные батареи, общие габариты которых не превысят 2×2×0,05 *м*. Такая батарея с буферными аккумуляторами может быть эффективно использована в местах с ограниченным электроснабжением.

Солнечные батареи могут работать не только при их

освещении солнцем. В литературе имеются данные о солнечных батареях малых размеров, освещаемых различными другими источниками световой энергии, в том числе испытывались в качестве осветителей и электрические лампы накаливания. Применение последних в вечернее и ночное время оправдывает себя благодаря возможности получения низкого напряжения постоянного тока, необходимое для питания радиовещательных приемников с полупроводниковыми приборами.

В настоящее время разрабатываются также солнечные батареи на основе использования фотоэлементов с запирающим слоем из сульфида кадмия, обладающего высокими фотоэлектрическими свойствами. Первые образцы таких фотоэлементов имели малую рабочую поверхность (порядка 0,8 *см*²). При освещении рабочей поверхности фотоэлемента прямым солнечным светом развивалась э. д. с. в 0,3 *в*. Авторы разработок опубликовали в печати сообщения о возможности повышения э. д. с. фотоэлемента до 2—2,5 *в* и расчетном к. п. д. до 18%.

Атомные элементы и батареи

Наряду с созданием промышленных атомных электростанций, в которых электрическая энергия создается за счет энергии радиоактивного распада веществ путем нескольких видов преобразования, в последние годы ведутся изыскания во всем мире по разработке методов непосредственного преобразования энергии радиоактивного распада в электрическую энергию. Приборы, с помощью которых производится такое преобразование, получили название атомных батарей. По принципу работы различают четыре основных типа атомных батарей.

Атомные батареи первого типа являются разновидностями зарядного устройства, в котором осуществляется заряд одного электрода относительно другого за счет излучения радиоактивного вещества, помещенного между электродами. Схематическое устройство подобной атомной батареи показано на рис. 17. Действие такой батареи может быть в простейшем виде сведено к следующему. Если на поверхности электрода *1*, расположенного внутри металлического шара и являющегося одной из обкладок шарового конденсатора, нанести радиоактивное вещество, то электроны, излучаемые в процессе радиоактивного распада вещества попадают на внутреннюю поверхность внешнего электрода *2* (вторая обкладка конденсатора) и заряжают

этот электрод отрицательно, заряжая при этом положительно внутренний электрод. Такая поляризация зарядов на электродах конденсатора, естественно, вытекает из того, что заряды излучаемых и оседаемых на втором электроде электронов отрицательны, а внутренний электрод, теряя отрицательные заряды излучаемых электронов, становится положительно заряженным. Максимальное напряжение, до которого может зарядиться такой элемент, зависит от энергии излучаемых электронов и качества изоляции между электродами. Обычно напряжение между электродами высокое и может достигать нескольких десятков киловольт. Поэтому подобные атомные элементы часто называют высоковольтными.

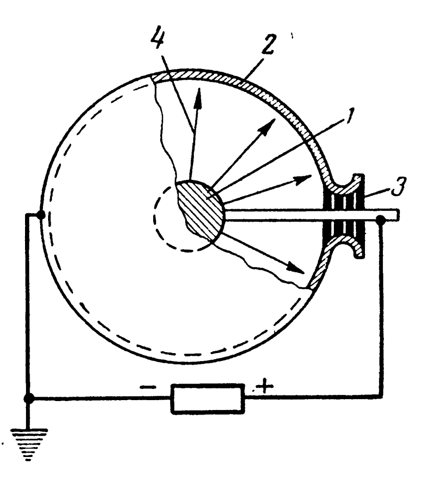


Рис. 17. Схематическое устройство высоковольтного атомного элемента.

1 — внутренний электрод с радиоактивным веществом; *2* — внешний электрод; *3* — изолятор; *4* — путь электронов.

Максимальный ток, который может быть получен в нагрузке высоковольтной атомной батареи, зависит от скорости распада используемого радиоактивного вещества, т. е. от числа атомов вещества, распадающихся в течение секунды. Для каждого радиоактивного вещества скорость распада является постоянной величиной и определяется так называемым периодом полураспада — временем, в течение которого распадается половина взятого первоначального вещества. Время полураспада для разных веществ исчисляется от долей секунды до десятков миллиардов лет. Очевидно, чем больше период полураспада, тем дольше может быть срок службы атомного элемента, но тем меньшее число атомов распадается в единицу времени и, следовательно, тем меньше будет ток от батареи.

Принцип действия высоковольтного радиоактивного источника электрического питания удобно рассмотреть на примере конденсатора, у которого пластина *А* идеально изолирована, а пластина *Б* заземлена, как это показано на рис. 18.

Пусть на внутреннюю поверхность изолированной пластины нанесен слой радиоактивного вещества *В*. Заряженные частицы, излучаемые радиоактивным веществом, попадут на пластину *Б*; при этом каждая частицы уносит с собой заряд *e* и увеличивает разность потенциалов между электродами *А* и *Б* на величину e/C, где *C*—емкость конденсатора, образованного электродами *А* и *Б*. На пути от электрода *А* к *Б* частица потеряет часть своей кинетической энергии, равную eU, где U — разность потенциалов между электродами. Потерянная часть кинетической энергии перейдет в энергию заряженного конденсатора. Когда энергия, с которой частица излучается радиоактивным веществом, окажется меньше eU, частица уже не сможет долететь до пластины *Б* и вернется к пластине *А*.

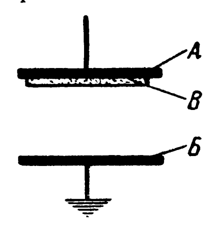


Рис. 18. Конденсатор с радиоактивным веществом.

А — изолированная пластина; *Б* — заземленная пластина; *В* — слой радиоактивного вещества.

Таким образом, по мере того как конденсатор будет заряжаться, все меньшее число частиц дойдет до пластины *Б* и первоначальный ток заряда будет все время уменьшаться и станет равным нулю, когда разность потенциалов заряженного конденсатора достигнет величины $U_{макс} = E_{макс}/e$, где $E_{макс}$ — максимальная энергия излучаемых частиц. Например, для радиоактивного фосфора $E_{макс} = 1{,}7$ *Мэв* и максимальная разность потенциалов конденсатора равна 1,7 *Мв*. Обычно эта разность потенциалов получается намного меньшей из-за наличия утечки изоляции между электродами конденсатора.

В настоящее время различают три вида высоковольтных атомных батарей: 1) с зарядкой проводящей поверхности радиоактивным излучением (α- или β-лучей через вакуум; 2) с зарядкой проводящей поверхности радиоактивным излучением через диэлектрик и 3) с зарядкой проводящей поверхности за счет вторичного излучения заряженных частиц под действием первичного радиоактивного излучения.

Атомные батареи высокого напряжения, подобные описанной, как правило, не в состоянии обеспечить ток нагрузки более 10^{-12}—10^{-10} *а* и используются либо как источники анодного питания электронно-лучевых трубок, либо как устройства для ускорения отдельных заряженных частиц.

Одна из лабораторных моделей высоковольтной атомной батареи состоит из крупинки радиоактивного изотопа стронция (стронций-90) с активностью 10 милликюри[1], помещенной в цилиндрическую капсулу из специального высококачественного диэлектрика (полистирена) диаметром 10, длиной 20 и толщиной стенок 0,8 *мм*. Одним электродом служит проводник, соединяющий крупинку стронция с выводным зажимом, а другим, — алюминиевая чашечка окружающая капсулу и собирающая электроны, излученные стронцием. Весь элемент помещен в защитный толстостенный свинцовый цилиндр с целью предохранения от вредного воздействия радиоактивного излучения.

Так как период полураспада стронция равен 25 годам, то такая батарея может служить без перезарядки 20—25 лет. За это время мощность батареи снизится вдвое, причем падение мощности в нагрузке происходит за счет уменьшения тока при почти неизменном напряжении. При разомкнутой внешней цепи батареи напряжение на ее зажимах достигает 7 000 *в*. Максимальный допустимый ток нагрузки не превышает 40 *пка* ($40 \cdot 10^{-12}$ *а*).

Конструкция другого высоковольтного элемента этого типа показана на рис. 19. На торце массивного электрода *1* помещен препарат радиоактивного стронция *2*. Цилиндр *3*, являющийся корпусом прибора, служит изолятором между электродами *1* и *4* и выполнен из полистирена. Этот цилиндр снабжен внутри тонкой (0,5 *мм*) перегородкой из полистирена.

При перегородке толщиной 0,5 *мм* и активности радиоактивного препарата 25 милликюри начальный ток равен $1{,}1 \cdot 10^{-11}$ *а*. Предельное напряжение элемента с препаратом в 25 милликюри составляет 3 700 *в*, а с препаратом в 54 милликюри—6 600 *в*.

Производятся также образцы атомной батареи на максимальное напряжение 10 000 *в* с максимальными токами 10^{-11} и $5 \cdot 10^{-11}$ *а*.

Основным недостатком высоковольтных атомных батарей является их малая мощность. Для препарата стронция мощность батарей составляет всего $5 \cdot 10^{-3}$ *вт/кюри*. Следовательно, чтобы получить мощность в 1 *вт*, требуется 200 *кюри* радиоактивного вещества, а это пока практиче-

[1] Кюри — единица измерения ионизирующего излучения — служит также мерой количества радиоактивного вещества, которое испускает в 1 *сек* столько же частиц, сколько 1 *г* радия, т. е. $3{,}7 \cdot 10^{10}$.

ски нереально как по стоимости вещества, так и по защите от их вредного действия.

Можно значительно повысить максимальный ток батареи и ее мощность, если выбрать радиоактивное вещество с меньшим временем полураспада, но при этом одновременно уменьшится срок службы и батарею придется чаще перезаряжать. Например, если взять вместо радиоактивного стронция изотоп фосфора (фосфор-32), то можно получить максимальный ток в несколько десятых долей миллиампер, т. е. в 10 000 раз больше, чем от батареи со стронцием. Зато срок службы такого элемента будет значительно меньше, чем со стронцием, так как период полураспада радиоактивного изотопа фосфора равен почти 14 дням.

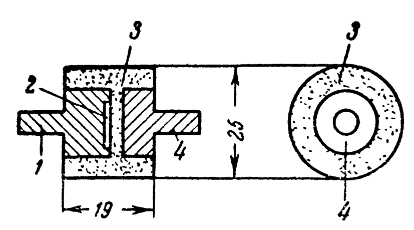


Рис. 19. Высоковольтный радиоактивный элемент.

1 и 4 — электроды элемента; 2 — препарат радиоактивного стронция; 3 — корпус элемента.

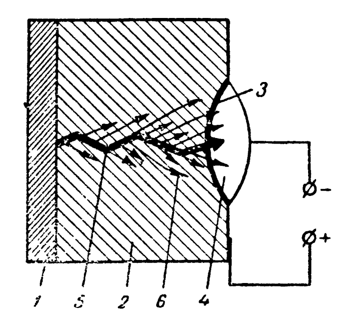


Рис. 20. Схематическое устройство низковольтной атомной батареи.

1—радиоактивный слой стронция; 2 —полупроводник; 3 —слой типа p-n; 4 — коллектор; 5 —путь электрона, излучаемого стронцием; 6—пути электронов, выбитых из полупроводника.

Атомные батареи нечувствительны к изменениям окружающей температуры и давления, а также не реагируют на короткое замыкание внешней цепи. При соединении элементов в батареи по параллельно-последовательным схемам их следует подбирать по току и напряжению.

В атомных батареях второго типа радиоактивное излучение используется для ионизации газа. Под воздействием этого и контактной разности потенциалов электродов создается в замкнутой цепи электрический ток. Общий коэффициент использования энергии радиоактивного распада в батареях (в том числе и многоэлементных) менее 1%. Поэтому до настоящего времени элементы этого типа не получили распространения и их считают мало перспективными с точки зрения непосредственного преобразования энергии.

Третьим типом атомных батарей, который представляется наиболее перспективным для внедрения в технику, являются те элементы и батареи, действие которых основано на умножении электронов проводимости на полупроводниковом *p-n*-контактном переходе. Эти элементы и батареи часто называются низковольтными.

На рис. 20 показано схематическое устройство низковольтного атомного элемента. Радиоактивный стронций нанесен на одну сторону полупроводниковой пластины (германия или кремния). На другой стороне пластины создан *p-n*-контактный переход, обычный для полупроводниковых диодов. Быстрые электроны (обладающие большой кинетической энергией), излучаемые радиоактивным стронцием в процессе его распада, проникают в слой полупроводника и освобождают в среднем 200 000 медленных электронов, которые вследствие односторонней проводимости *p-n*-контактного перехода собираются на коллекторе и при замыкании внешней цепи создают электрический ток. При этом разность потенциалов имеет такую полярность, что коллектор заряжен отрицательно, а полупроводниковая пластина — положительно.

Описанный в литературе низковольтный атомный элемент диаметром 10 и длиной 10 *мм* позволял получать ток 5 *мка* при напряжении 0,2 *в*. Коэффициент полезного действия такого элемента составлял 1%. Однако предполагается, что путем рационального использования соответствующих полупроводников к. п. д. может быть повышен до 10%. Срок службы такого элемента определяется, как и высоковольтной батареи, периодом полураспада радиоактивного изотопа стронция, т. е. порядка 20—25 лет.

Чтобы получить источник питания, пригодный для практических целей, описанные элементы могут соединяться по параллельно-последовательным схемам в батареи. Опытный образец подобной батареи был использован для питания генератора звуковой частоты на транзисторах. Нагрузочная характеристика низковольтного атомного элемента опытной батареи приведена на рис. 21.

Существенным недостатком низковольтных атомных элементов является следующее. Наряду с основным излучением β-частиц, защиту от которых легко создать, металлический стронций при наличии в нем некоторых примесей излучает сильно проникающие вредные γ-лучи. Поэтому приходится принимать особые меры по защите.

В атомных батареях четвертого типа используется теп-

ловая энергия радиоактивного распада веществ. При этом тепловая энергия расходуется на подогрев термопар, на выходе которых получается электрическая энергия. Эти батареи часто также называют атомными термобатареями. В подобной опытной батарее использовался радиоактивный полоний.

Радиоактивный распад полония происходит с большим выделением тепла, что позволяет использовать его в качестве подогревателя термопар.

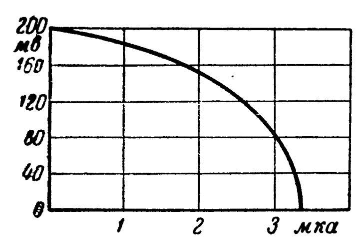


Рис. 21. Нагрузочная характеристика низковольтной атомной батареи.

Такой подогреватель мощностью в 4,5 вт нагревает группу спаев 40 термоэлементов до 230° С. Максимально отдаваемая в нагрузку мощность составляет 0,0094 *вт*, т. е. к. п. д. этой батареи получается окло 0,2%. Электродвижущая сила батареи—примерно 0,75 *в*, а максимальный ток—около 25 *ма*.

Так как период полураспада полония равен 138 дням, то батарею приходится перезаряжать каждые 4—5 мес. по мере «израсходования» подогревателя.

К сожалению, опубликованные материалы еще недостаточны, несмотря на интенсивные разработки и исследования в этом направлении, ведущиеся во всех странах мира. Несомненно, что дальнейшее развитие атомной энергетики позволит создать не только крупные электростанции на ядерном горючем, но и различные типы маломощных, дешевых, малогабаритных и долговечных источников электрического питания стационарной и передвижной радиоаппаратуры.

Топливный элемент

Под таким несколько неопределенным названием или даже еше более рекламным — «холодный огонь»— в последнее время появились сообщения о разработке нового источника электрической энергии.

Авторы разработок топливного элемента исходили из желания сократить путь преобразования химической энергии топлива в электрическую и повысить общий к. п. д. этого преобразования.

Как известно, в настоящее время для преобразования накопленной в топливе (угле, нефти, природном газе) солнечной энергии в электрическую надо сначала превратить химическую энергию топлива сжиганием в тепловую, затем тепловую энергию в механическую с помощью паровой машины или турбины, а механическую энергию в электрическую при помощи электрических генераторов. Этот длинный путь преобразования влечет за собой неизбежные потери, чем и обусловлен низкий к. п. д. тепловых электростанций (обычно ниже 30%).

Очевидно, если бы удалось сократить число преобразований энергии естественного топлива в электрическую, то можно было бы надеяться на повышение общего к. п. д., что эквивалентно увеличению мировых запасов топлива, которые, как известно, не бесконечны.

Процесс сжигания угля, нефти или газа является процессом окисления. В процессе замещения, имеющем место в обычном электрохимическом элементе, например простейшем медно-цинковом, цинк переводится в такое состояние, которое можно также рассматривать как окислительный процесс.

Если удалось бы каким-нибудь способом осуществить окисление угля или нефти, не сжигая их, а непосредственно преобразуя, как в гальваническом элементе, в электрическую энергию, то в результате такого сокращения этапов преобразования можно было бы ожидать повышения общего к. п. д. Созданный на этом принципе преобразования химической энергии топлива в электрическую элемент и получил название «топливного» элемента.

Однако в процессе электрохимического окисления (например, в гальваническом элементе) предполагается, что «активный» материал, например цинк, должен быть предварительно приведен в ионное состояние. Это легко осуществить для металлов, но очень трудно для угля вследствие его химической инертности.

Пытались обойти это затруднение при помощи высоких температур. Так, например, был построен топливный элемент, состоявший из сосуда, наполненного окисью железа, в котором размещался пористый (глиняный) цилиндр, в котором, в свою очередь, находился уголь, смоченный раствором соли. В нижнюю часть цилиндра вводился кислород при температуре 500—800° С. Отводы делались от сосуда, в котором находилась окись железа, и от угля. Такой элемент давал напряжение 1 *в*.

С целью упростить конструкцию этого элемента, был построен «непрямой топливный» элемент, в котором уголь сначала превращался в газ, а затем уже газ «окислялся» в топливном элементе. На этом принципе был построен элемент, названный «гремучим», который преобразует химическую энергию взрыва гремучего газа (соединения кислорода с водородом при образовании воды) в электрическую. Такой элемент, созданный несколько лет назад, работал при температуре около 200° С. В последнее время его удалось усовершенствовать и заставить работать при температуре меньше 100° С. Этот элемент обладал к. п. д., равным примерно 70%, что следует считать весьма высоким показателем, если вспомнить, что лучшие тепловые станции имеют к. п. д. 30%.

Дальнейшее развитие этих работ предполагает использование в качестве топлива нефти, причем в процессе превращения ее в газ можно будет в виде отходов получать ряд ценных и полезных для промышленности химических продуктов.

Решение этой задачи не дает, как это имеет место для атомных электростанций, замену обычного топлива новым — ядерным горючим, но позволяет за счет лучшего использования косвенно увеличить запасы угля, нефти и газа более чем в 2 раза. Полагают, что сооружение и эксплуатация электростанций на принципе топливного элемента будут значительно проще и дешевле существующих методов.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Электрическое питание переносной радиотехнической аппаратуры обычно осуществляется от аккумуляторов или гальванических батарей. При этом в ряде случаев для получения достаточно высокого напряжения постоянного тока в качестве преобразователей используются умформеры или вибропреобразователи. Общий к. п. д. этих преобразователей не превышает 10—15%, что вызывает значительный расход энергии источников постоянного тока и вынуждает производить частую перезарядку аккумуляторов или замену гальванических батарей. Вибрации, шум и искрящие контакты таких преобразователей создают помехи нормальной работе радиоустройства. Вес и габариты преобразова-

теля в большинстве случаев превышают вес и размеры самого радиоустройства.

От указанных недостатков свободны применяемые в последнее время преобразователи напряжения постоянно-

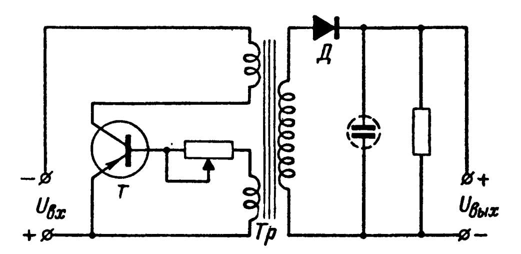


Рис. 22. Простейшая схема однотактного преобразователя напряжения.

го тока на полупроводниковых приборах. Простейшая схема такого преобразователя приведена на рис. 22. Здесь низкое напряжение от аккумуляторов или гальванических батарей с помощью транзисторного генератора *Т* преобразуется сначала в переменное напряжение (обычно зву-

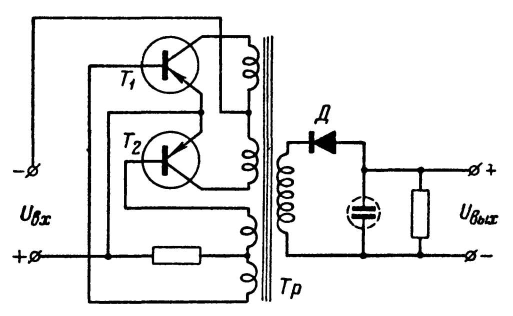


Рис. 23. Простейшая схема двухтактного преобразователя напряжения.

ковой частоты), которое затем повышается трансформатором *Тр*, выпрямляется диодом *Д* и сглаживается обычным фильтром. Таким образом низкое напряжение постоянного тока на входе преобразователя $U_{вх}$ преобразуется им в высокое постоянное напряжение $U_{вых}$ на выходе.

Рассмотренный преобразователь напряжения является однотактным и обычно используется для получения высо-

кого постоянного напряжения при малом токе нагрузки. При больших токах нагрузки используется двухтактный преобразователь напряжения, простейшая схема которого приведена на рис. 23.

В практически применяемых схемах преобразователей имеется ряд дополнений, назначение которых сводится к

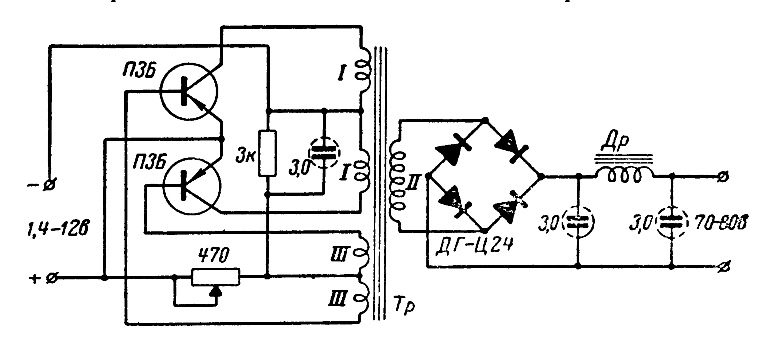


Рис. 24. Схема преобразователя напряжения с двухтактным генератором и мостовой схемой выпрямления.

стабилизации выходного напряжения, увеличению выходной мощности, уменьшению габаритов трансформатора и некоторым другим особенностям работы схем.

На рис. 24 дана схема преобразователя с двухтактным генератором и мостовой схемой выпрямления на транзисторах типа П3Б и диодах типа ДГ-Ц24. Напряжение на выходе преобразователя составляет 70—80 *в* при токе нагрузки 10—20 *ма* и различных напряжений на входе; в зависимости от величины входного напряжения выбираются разные данные обмоток трансформатора *Тр*, указанные в табл. 3.

Таблица 3

Обмотки трансформатора *Тр*	Входное напряжение, *в*				Провод
	1,4	2,4	6	12	
	Число витков				
I	2×33	2×33	2×33	2×33	ПЭ0,35
II	2 600	1 400	540	270	ПЭ0,12
III	2×15	2×10	2×10	2×7	ПЭ0,12

Дроссель сглаживающего фильтра *Др*, выполнен на сердечнике Ш-16 при толщине пакета 16 *мм*. Обмотка его со-

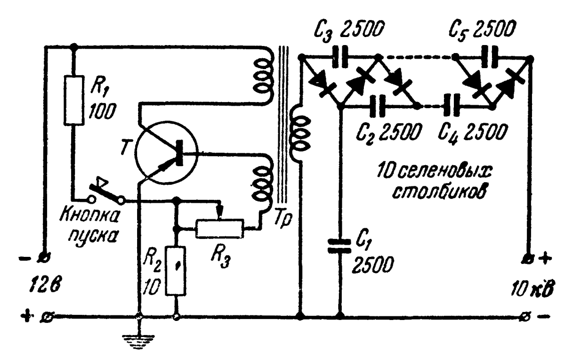


Рис. 25. Схема высоковольтного преобразователя с селеновыми выпрямительными столбиками.

держит 300 витков провода ПЭЛ0,2. Данные остальных деталей указаны на самой схеме.

На рис. 25 приведена схема преобразователя напряжения на 10 *кв* выходного напряжения при токе нагрузки 100 *мка* и входном напряжении 12 *в*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанные выше новые источники электрической энергии и преобразователи находятся на различных стадиях своего развития. Некоторые из них уже поступили в промышленное производство, для других еще полностью не закончен этап лабораторной разработки. Все продолжающиеся научные и экспериментальные поиски новых видов источников электрического питания, новых материалов и технологии производства еще не исчерпали имеющиеся возможности и намечающиеся перспективы для создания новых совершенных устройств подобного назначения.

Для устройств, предназначенных для получения сколько-нибудь значительной мощности, которые могли бы быть использованы эффективно в быту и технике, характерно стремление повышения к. п. д., как одного из решающих факторов применения этих источников питания. В настоящее время значения к. п. д. можно оценивать данными, приведенными в табл. 4.

Сопоставление данных табл. 4 показывает, что некоторые виды маломощных источников электрического питания

Таблица 4

Источник электрической энергии	Коэффициент полезного действия, %
Тепловая электростанция	20—30
Полупроводниковый термоэлектрогенератор	6—8
Селеновый фотоэлемент	0,1
Солнечная батарея	6—11
Топливный элемент	70
Свинцовый аккумулятор	80—90
Щелочный аккумулятор	50—60

обладают еще недостаточно большим к. п. д. по сравнению с теми источниками, которые применялись ранее. В частности, например, сравнивая к. п. д. солнечных батарей и аккумуляторов, можно сделать вывод, что целесообразнее использовать аккумуляторы. Однако такое решение нельзя считать правильным, так как целесообразность применения того или иного источника питания вытекает не только из его к. п. д., но и из ряда других показателей, в том числе стоимости и веса, необходимости зарядки от первичного источника энергии и других подобных факторов.

Трудно предрешить даже на ближайшее десятилетие, какой вид источников питания будет больше всего применяться в устройствах различного назначения. Тем не менее уже и сейчас очевидны большие перспективы использования непосредственных преобразователей энергии, новых видов аккумуляторов и гальванических элементов. Несомненно и то, что в создании новых источников питания будут играть огромную роль полупроводники, а также непрерывный прогресс технологии производства как приборов, так и полупроводниковых материалов.

Цена 1 р. 15 к.